

Lauri Koivisto

**VAAKAMALLISEN POLTTOAINESIILON PURKURUUVIEN
MUUTTAMINEN TAAJUUSMUUTTAJAKÄYTÖIKSI**

**Opinnäytetyö
CENTRIA AMMATTIKORKEAKOULU
Sähkötekniikan koulutusohjelma
Tammikuu 2014**

TIIVISTELMÄ OPINNÄYTETYÖSTÄ

Yksikkö Ylivieska	Aika Helmikuu 2014	Tekijä Lauri Koivisto
Koulutusohjelma Sähkötekniikan koulutusohjelma		
Työn nimi Vaakamallisen polttoainesiilon purkuruuvien muuttaminen taajuusmuuttajakäyttöiksi		
Työn ohjaaja Yrjö Muilu		Sivumäärä 29 + 5
Työelämäohjaaja Veikko Lappalainen		
<p>Opinnäytetyön tavoitteena oli tehdä esisuunnitelma Kuopion Energian Haapaniemi 2-voimalaitoksen polttoaineen käsittelyyn. Työn kohteena oli kiinteänpolttoaineen vastaanottoaseman kaksi varastosilo. Työssä tehtiin esisuunnitelma vaakamallisen polttoainevarastosin muuttamisesta taajuusmuuttajakäyttöön. Lisäksi työssä selvitettiin varastosin ohjauksen muuttamisesta Metson DNA-järjestelmään.</p> <p>Opinnäytetyö tuli ajankohtaiseksi, kun Haapaniemi 2-voimalakselle tehtiin kattilamuutos. Kattilan polttotekniikka muutettiin pölypoltosta leijukerros polttoon. Kattilamuutoksen yhteydessä huomattiin, että on syytä selvittää myös mahdolliset parannukset polttoaineenkäsittelyyn.</p> <p>Opinnäytetyössä tehtiin selvitys tarvittavista muutoksista ja laitevalinnoista. Opinnäytetyössä myös selvitettiin alustavaa hinta-arviota, jonka pohjalta voidaan suunnitella muutoksen kannattavuutta. Alustavat piirikaaviot ja päävirtakaaviot suunniteltiin CADS Planner Client 16-ohjelmalla.</p>		

Asiasanat

Polttoainesilo, sähkökäytöt, taajuusmuuttajat, sähkömoottorit, leijukerros poltto, pölypoltto

ABSTRACT

Unit Centria university of applied sciences	Date February 2014	Author Lauri Koivisto
Degree programme Electrical Engineering		
Name of thesis Changing The Screws of the Horizontal Shaped Fuel Silo to the Drive Application		
Instructor Yrjö Muilu		Pages 29 + 5
Supervisor Veikko Lappalainen		
<p>The aim of the thesis was to make a preparing plan for the treatment of fuel of Haapaniemi 2 power station of the Kuopio Energy. The target of the thesis was the store silo of the receiving station 2 of solid fuel. During the process I made the preparing plan for the changing of the horizontal fuel silo to the drive use. In furthermore I researched the control of the store silo to the drive use of the Metso dna system.</p> <p>It was a good time for the thesis, when the changing of the boiler of the Haapaniemi power station 2 was made. The compustion technique was changed from pulverized fuel compustion to fluidized bed compustion. When the changing of the boiler was made it was noticed that it is good to find out the possible improvements for the treatment of fuel.</p> <p>In the thesis I researched the needed changes and the choice of the device. In furthermore I tried to find out a rough price estimate in order to be able to plan the profitability of the change. Precursory circuit diagrams and main electric diagrams I planned by CADS Planner Client 16 programme.</p>		

Key words

Fuel silo, electric uses, electric motors, fluidized bed compustion, pulverized fuel compustion

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	1
2 POLTTOAINEEN VÄLIVARASTO	2
2.1 Kuopion Energia Oy	2
2.2 Pölypoltto	4
2.3 Leijukerrosoltto	4
2.4 Nykyisen varastosiilon toimintaperiaate	5
2.5 Muutokset varastosiilon toimintaan	6
3 MOOTTORIT JA VAIHTEISTOT	8
3.1 Moottoreiden valinnat	8
3.2 Vaihteistojen valinnat	9
4 TAAJUUSMUUTTAJAT	14
4.1 Taajuusmuuttajat ruuvien pyörittäminen käytössä	16
4.2 Taajuusmuuttajat ruuvien siirrossa	16
5 KAAPELOINTI JA TURVAKYTKIMET	18
5.1 Kaapelointi	18
5.2 Kaapelivaunut	20
5.3 Turvakytkimet	20
6 AUTOMAATIO	22
7 HINTA-ARVIO	24
8 POHDINTA	26
LÄHTEET	27
LIITTEET	

1 JOHDANTO

Tämä opinnäytetyö toteutettiin Kuopion Energia Oy:n Haapaniemi 2 voimalaitoksen polttoaineen käsittelyyn. Haapaniemi 2-voimalaitos on rakennettu vuonna 1982 ja se oli turpeen pölypolttokattila vuoteen 2013. Voimalaitokselle tehtiin peruskorjaus kesällä 2013 ja sen polttotekniikka vaihdettiin leijukerrospolttoon. Muutoksen jälkeen kattilassa voidaan polttaa myös erilaisia biopolttoaineita ja alittaa vuonna 2016 voimaan tulevat typen oksidien päästörajat. Kattilamuutos parantaa myös laitoksen hyötysuhdetta. (Kuopion Energia Oy, 2013.)

Opinnäytetyö toteutettiin kiinteänpolttoaineen välivarastolle kaksi (KPA2). Opinnäytetyön tavoitteena oli kehittää nykyistä polttoaineen käsittelyä sekä varastointia, kattilamuutos huomioiden. Työ toteutettiin esisuunnitelmana ja sen pohjalta voidaan tarvittaessa käynnistää projektin tarkempi suunnittelu. Opinnäytetyössä on laadittu alustavat piirikaaviot, päävirtakaaviot ja hankkeen kustannukset.

Työssä tarkastellaan nykyisen polttoainevälivaraston toimintaperiaatteita. Niiden pohjalta on lähdetty suunnittelemaan käytön kanssa yhteistyössä tulevaa toimintaperiaatetta. Muutoksessa on tarkoitus muuttaa välivaraston moottorit taajuusmuuttajakäyttöiksi, jotta purkua voidaan tarvittaessa hidastaa ja nopeuttaa. Lisäksi on tarkoitus muuttaa moottoreiden ohjaus Metson DNA-järjestelmään. Tämä muutos poistaisi erilliset ohjauslogiikat ja mahdollistaisi helpon etäkäytön ja huollettavuuden.

2 POLTTOAINEEN VÄLIVARASTO

Kiinteämpolttoaineen välivarasto KPA2 on ollut käytössä noin kolmekymmentä vuotta ja se on toiminut luotettavasti. Kattilamuutos ja sen yhteydessä pienentyneet laitossiilot ovat johtaneet välivaraston toiminnan uuteen suunnitteluun. Varastosilo tyhjennetään kahdella erillisellä pohjapurkuruuvilla, jotka käynnistetään manuaalisesti. Kun välivarastosta halutaan purkaa polttoainetta siirtohihnalle, operaattorin täytyy käynnistää ruuvi automaatiosta. Ruuvi liikkuu yhden palkkivälin ja pysähtyy. Ruuvin purkausnopeutta ei ole mahdollista muuttaa ja ruuvia ei suositella pysäytettäväksi polttoainekasan alle. Tästä johtuen voimalaitoksen syöttösiilon pitää olla melko tyhjä, jotta ruuvi voidaan käynnistää.

Polttoaineen välivaraston koko on 2000m^3 ja sen purkamiseen käytetään kahta samanlaista pohjapurkuruuvia, joiden halkaisija on 950mm. Ruuvin siirto toteutetaan molemmissa päissä olevilla siirtomoottoreilla, joiden sijaintia tarkkaillaan absoluuttiantureilla. Haapaniemi 2 voimalaitoksen polttotekniikan muutoksessa laitossiilot pienenevät 1200m^3 :sta 300m^3 :n. Tästä johtuen purkuruuveja pitäisi saada hidastettua, mutta säilyttää samalla toimintavarmuus.

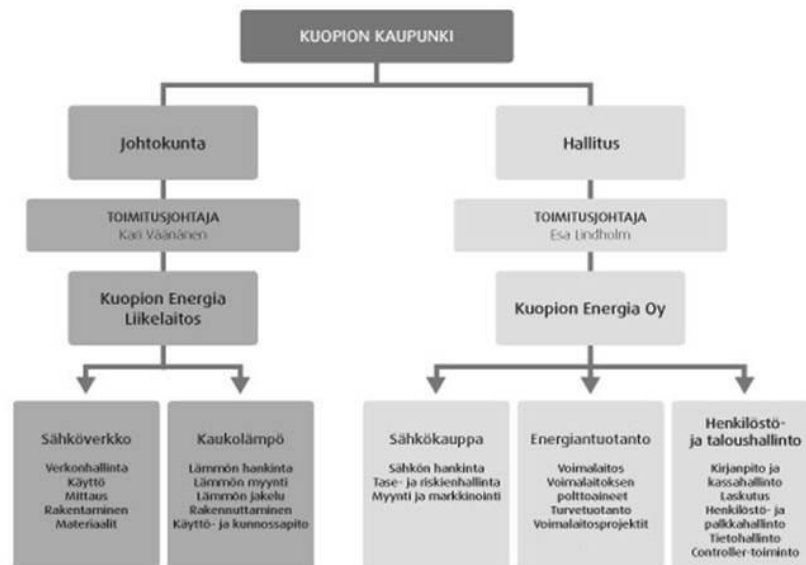
2.1 Kuopion Energia Oy

Kuopion Energia Oy on Kuopion kaupungin kokonaan omistama sähkön- ja kaukolämmön tuottaja. Kuopion Energia Oy kuuluu konserniin, johon kuuluu myös Kuopion Energia liikelaitos. Kuopion Energia Oy tuottaa sähkön ja lämmön sekä hoitaa sähkön myynnin ja hallinnon. Liikelaitos siirtää sähkön ja lämmön edelleen asiakkaille, sekä tuottaa tarvittavan huippu lämmön öljykattiloillaan. (Kuopion Energia Oy, 2013.)

Kuopion Energia perustettiin vuonna 1906. Silloin aloitettiin myös oman sähkölaitoksen rakentaminen. Sähkölaitos liitettiin valtakunnan sähköverkkoon vuonna 1935. Kaukolämmön tuottaminen asiakkaille aloitettiin vuonna 1963, jolloin rakennettiin

ensimmäiset kiinteät lämpölaitokset. Haapaniemen ensimmäinen voimalaitos valmistui vuonna 1972 ja se oli Suomen ensimmäinen jysinturvetta käyttävä lämmitysvoimalaitos. Kymmenen vuotta myöhemmin valmistui Haapaniemi 2 voimalaitos. Vuonna 2011 aloitti toimintansa Haapaniemi 3 voimalaitos, joka korvasi Haapaniemi 1 voimalaitoksen. (Moilanen, 2006; Kuopion Energia Oy, 2013)

Kuopion Energia Oy:n toimitusjohtajana toimii Esa Lindholm. Johtokunta koostuu puheenjohtajasta ja 12 jäsenestä. Vuonna 2012 Kuopion Energia Oy työllisti 113 henkilöä. Liikevaihto oli 72 miljoonaa euroa. Kuopion Energian organisaatiorakenne on esitetty kuviossa 1. (Kuopion Energia Oy, 2013; Eniro, 2013.)



KUVIO 1. Kuopion Energian organisaatiokaavio (Kuopion Energia, 2013).

2.2 Pölypoltto

Haapaniemi 2-voimalaitoksella on polttotekniikkana toiminut pölypoltto vuodesta 1972 lähtien. Pölypoltossa murskattu pölymäinen polttoaine syötetään kattilaan kantokaasun avulla. Pölypolttokattilat voidaan jakaa tuhkan poiston perusteella kahteen tyyppiin: kuivapesä- ja sulapesäpolttoon. Kuivapesäpoltossa tuhka poistetaan kuivana lentotuhkana. Sulapesäpoltossa käytetään korkeampaa lämpötilaa ja tuhka poistetaan sulana. Haapaniemi 2-voimalaitoksella on ollut käytössä sulapesäpoltto. (Bioenergiatieto, 2012.)

Poltintyyppejä on myös kaksi erilaista: sekoitus- ja suihkupolttimet. Sekoituspolttimessa polttoaineen suuttimen ympärille tehdään pyörre, joka muodostetaan savukaasuilla. Pyörre imee pesästä palavia kaasuja ja sekoittaa ne polttoaineeseen. Sekoituspolttimessa palamisilma tuodaan liekkiin ulkoapäin ensin sekundääri-ilmana ja myöhemmin tertiääri- ja yläilmana. Suihkupolttimessa pölyseos tulee suuttimesta, joka aiheuttaa pyörteen kattilassa. Pyörre sekoittaa palokaasut ja pölyn. Palamisilma ruiskutetaan pölysuuttimen ylä- ja alapuolelta. Suihkupolttimia on tulipesässä yleensä useita. (Bioenergiatieto, 2012.)

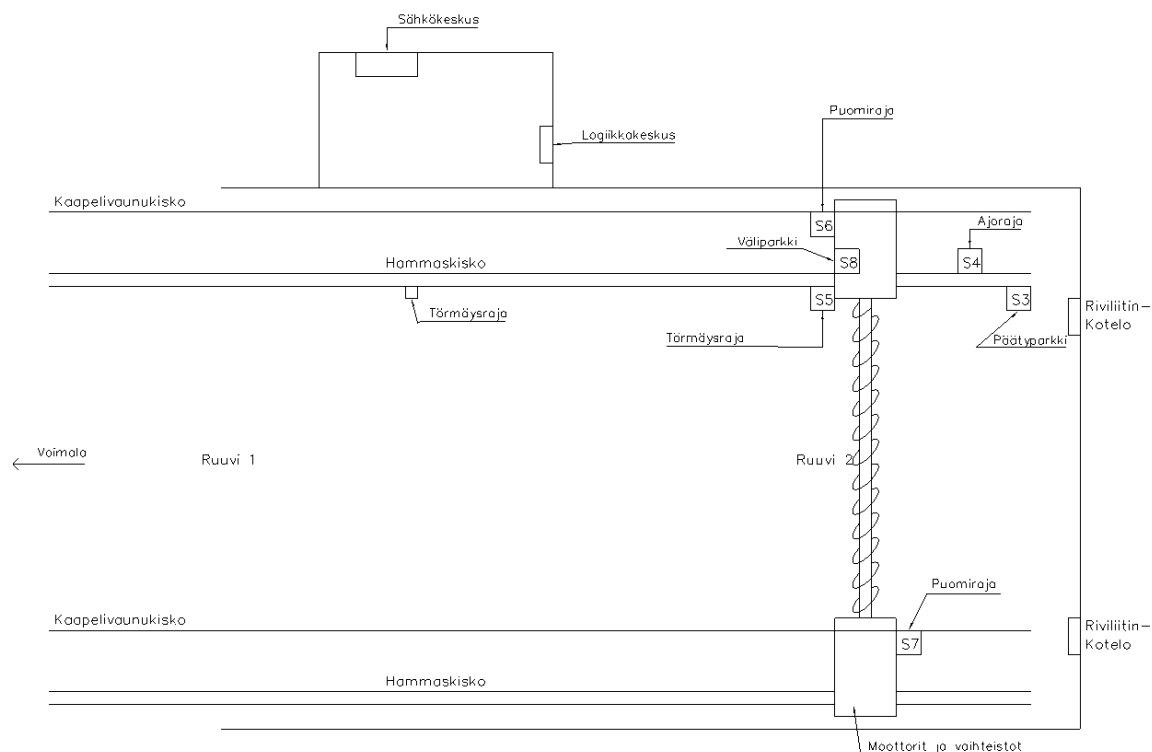
2.3 Leijukerrosoltto

Haapaniemi 2-voimalaitoksen polttotekniikka muutettiin kesällä 2013 pölypoltosta leijukerrosolttoon. Leijukerrosoltossa kattilassa on kuumaa hiekkaa, jota leijutetaan isoilla puhaltimilla. Näin polttoaine palaa tasaisesti kuuman hiekan sekoittuessa polttoaineeseen. Leijukerrosoltolla pystytään polttamaan myös huonolaatuista ja märkää polttoainetta hyvällä hyötysuhteella. Sen etuna ovat myös halpa rikinpoisto lisäaineilla ja vähäiset typpipäästöt. (Bioenergiatieto 2012; Knuutila 2003, 98-99.)

Leijukerrosoltossa kattilan pohjalla on noin 0,5 metrin kerros hienojakoista hiekkaa. Polttoaine syötetään leijuvan hiekan päälle, jossa se sekoittuu hiekkaan ja palaa. Primäärinen polttoilma syötetään hiekan alta ja se leijuttaa samalla hiekkaa.

Mahdolliset sekundääri- ja tertiääri-ilmansyötöt ovat hiekkapedin päällä. Suurin osa tuhkasta kulkeutuu savukaasujen mukana lentotuhkana. Tämän takia savukaasujen puhdistuksen tulee olla tehokasta. Karkeampi osa tuhkasta valuu hiekkapedin pohjalle, josta se poistetaan sulkusyöttimellä. (Bioenergiatieto 2012; Knuutila 2003, 98-99.)

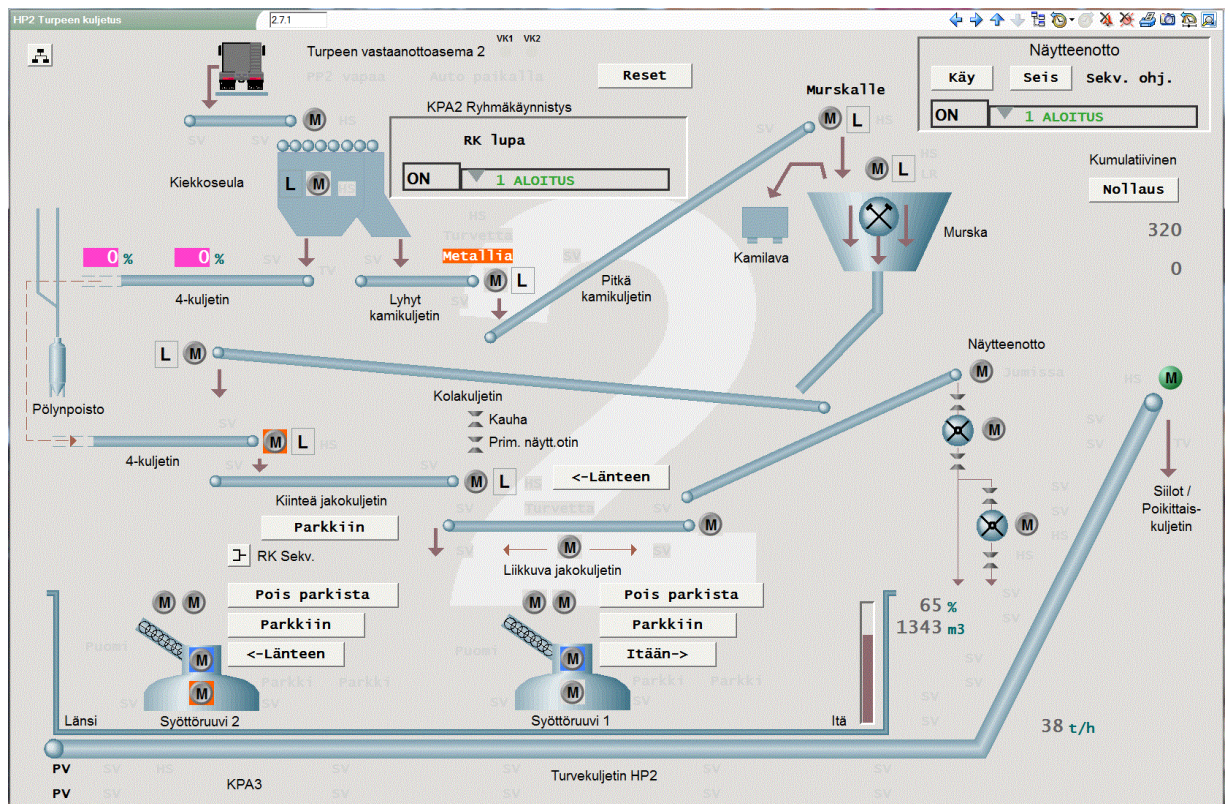
2.4 Nykyisen varastosiilon toimintaperiaate



KUVIO 2. Nykyisen varastosiilon periaatekuva ja sijoittelut.

Operaattori käynnistää toisen pohjapurkuruuvin tai molemmat pohjapurkuruuvit valvomosta. Ennen toiminnan käynnistymistä sireeni ja huomiovalo varoittavat paikalla olevia käynnistyvistä laitteesta. Käynnistetty pohjapurkuruuvi lähtee pyörimään ja purkaa turvetta kuljetinhihnalle, joka siirtää turpeen valittuun syöttösiilon. Ruuvien purkaessa molemmissa päissä olevat siirtomoottorit lähtevät siirtämään ruuvia

haluttuun suuntaan. Ruuvin siirto pidetään tasaisena siirtomoottoreissa olevilla absoluuttiantureilla. Absoluuttianturit mittaavat ruuvinsiirtymää molemmissa päissä ja ohjaavat tarvittaessa edellä olevaa päätä pysähtymään asetelluksi ajaksi. Ruuvi purkaa turvetta ja liikkuu eteenpäin. Purkuruuvin pysähtyy, kun se tulee väliparkki- tai päätyrajakytkimelle. Nämä pysäkit sijaitsevat siilossa olevien betonipalkkien alapuolella. Betonipalkkien alapuolella polttoaine ei ole niin tiivistynyttä, joten pohjapurkuruuvin on helpompi lähteä pyörimään. Ruuvi pysähtyy myös, jos kaapelivaunu jumittuu ja puomiraja toimii. Kun ruuvi tulee toista ruuvia vastaan, niin törmäysraja toimii ja ruuvi vaihtaa suuntaa.



Kuvio 3. Ruuvien ohjaukset.

2.5 Muutokset varastosiilon toimintaan

Varastosiilon toimintaan haluttiin paljon erilaisia muutoksia. Pohjapurkuruuvien toiminnan automatisointi helpottaisi käyttöä, koska nykyisin ruuvi ajaa vain yhden

parkkivälin kerrallaan. Uusi toiminta auttaisi ruuvia ajamaan automaattisesti ja muuttamaan purkausnopeutta kulutuksen mukaan. Tällä vältettäisiin pitkän kuljetushinnan pysäyttämisen. Myöskään syöttösiiloja ei tarvitse ajaa niin tyhjäksi ennen ruuvien käynnistämistä. Taajuusmuuttajakäyttö mahdollistaisi myös mahdollisen biopolttoaineiden polttamisen ja ruuvien muokkaamisen lisäpaloilla, jotka auttavat purkamaan polttoainetta paremmin.

Pohjapurkuruuvien toimintaa suunniteltaessa huomattiin, että myös ruuvien siirtoa pitää muuttaa. Jos ruuvien pyörimistä hidastetaan, niin myös siirtoa pitää hidastaa samassa suhteessa. Jos siirtoa ei hidasteta, niin ruuvi painuu penkkaa vasten ja voi vaurioitua. Mahdollinen biopolttoaineen käyttö lisää momenttia siirrossa, koska se on rakenteeltaan karkeampaa, kuin turve. Momentin kasvaminen siirrossa vaatii myös taajuusmuuttajakäytön.

Pohjapurkuruuvien toiminta on suunniteltu niin, että pitkähihna, joka kuljettaa polttoaineen syöttösiiloihin, voi pyöriä jatkuvasti. Tämä edellyttää purkuruuvien pyörimistä kulutuksen mukaan. Karkea säätö on tarkoitus tehdä Haapaniemi 2-voimalan kulutuksen mukaan. Syöttösiiloista polttoon lähtevän polttoaineen massavirta pitäisi olla sama, kuin välivarastosta lähtevän polttoaineen massavirta. Jos syöttösiilojen pinta alkaa laskea, niin pohjapurkuruuveja nopeutetaan. Jos syöttösiilojen pinta alkaa nousta, niin hidastetaan pohjapurkuruuveja. Kun siilojen pinnankorkeus on 4,5 metriä, niin pohjapurkuruuvit pysäytetään. Kun siilojen pinnankorkeus on 4,8 metriä, niin pitkäkuljetin pysäytetään. Jos syöttösiiloihin halutaan polttoainetta sekä KPA 2-välivarastolta sekä KPA 3-välivarastolta, voidaan näille asettaa prosenttisuhde. Näin voitaisiin toisessa varastosiiolossa pitää biopolttoainetta ja toisessa turvetta. Näin saataisiin ajettua haluttua polttoainettaseosta syöttösiiloihin.

3 MOOTTORIT JA VAIHTEISTOT

Moottoreiden ja vaihteistojen valinnassa pitää huomioida riittävä kestävyys ja teho suhteessa hintaan. Välivarastolla moottoreita ja vaihteistoja on kuusi kappaletta. Pohjapurkuruuveja pyörittää Strömbergin HXUR 562 G2 B3 oikosulkumoottorit, joiden nimellistehot ovat 90kW. Moottorit on yhdistetty ruuveihin Kumeran RB3355 kulmavaihteistoilla, joiden välityssuhde on 1:56. Purkuruuveja siirretään Sewin oikosulkumoottoreilla, joiden nimellistehot ovat 0,55kW. Moottorit on yhdistetty siirto hammaspyöriin Sewin valmistamilla K100R kulmavaihteistoilla.

3.1 Moottoreiden valinnat

Moottorien kuormitukset analysoitiin Dna tracer -ohjelmalla, josta näkyy moottorin ottamat virtatiedot. Sen lisäksi mietittiin mahdollisen biopolttoaineen lisäämää kuormaa moottoreilla. Näiden perusteella katsottiinärkevin moottorivaihtoehto. Moottoreiden valintaan vaikuttivat koko, teho ja hinta.

Pohjapurkuruuvia pyörittää tällä hetkellä 90kW moottori. Moottori on kestänyt hyvin eikä kuormitus ole ollut liian suuri. Käynnistyksessä virta on kohonnut keskimäärin 60-70 prosenttiin nimellisvirrasta. Tästä voidaan päätellä, että moottoria ei tällä perusteella tarvitse suurentaa. Jatkossa kuormitusta lisää ruuvien käynnistäminen polttoainekasan alta, kun aikaisemmin ruuvi on ollut suojassa siilossa olevien betonipalkkien alla. Toisaalta tuleva taajuusmuuttaja käyttö pienentää käynnistyksen ottamaa virtaa. Jos varastoon ajetaan biopolttoainetta, niin purkuruuvien lehtiin on tarkoitus laittaa hampaita, jotka purevat paremmin polttoaineeseen. Tämä huomioiden purkuruuvien moottorien tulisi olla suurempia, kuin aikaisemmin.

Vanhat HXUR 562 G2 B3 moottorit vastaavat nykyisissä moottoreissa M3BP 280 SMB 4. Tämä selvisi ABB:n vastaavuustaulukosta. Uutta tyyppimerkintää vastaavassa moottorin rungossa on saatavana myös 110kW nimellisteholla oleva moottori.

Lopullinen moottorivalinta on siis M3BP 280 SMC B3, jonka tuotenumero on 3GBP 282 230-ADG. (ABB 2003; ABB 2011.)

TAULUKKO 1. Oikosulkumoottorin tekniset tiedot (Mukaillen ABB 2011).

Nimellisteho:	110kW
Kytkenä:	400VD/690VY
Nimellisvirta:	185A/107A
Taajuus:	50Hz
Kotelointi:	IP55

Pohjapurkuruuvien siirrossa käytetään Sewin valmistamia 0,55kW nimellisteholla olevia oikosulkumoottoreita. Moottorien tehot ovat riittäneet siirtoon, koska ruuvien liikkuminen on tehty hitaaksi käyttämällä kulmavaihdetta. Siirtomoottorit kannattaa säilyttää edelleen saman tehoisina. Siirtomoottorit pitää vaihtaa taajuusmuuttaja käyttöksi, jotta niitä saadaan hidastettua purkuruuvien mukaan. Siirtomoottorit pitää uusia, jotta uusien oikosulkumoottoreiden eristystaso riittää taajuusmuuttaja käyttöön.

3.2 Vaihteistojen valinnat

Vaihteistojen valinta aloitettiin selvittämällä niiden kuntoa ja soveltuvuutta taajuusmuuttajakäyttöön. Purkuruuvien pyörittämiseen käytetään tällä hetkellä Kumeran valmistamaa Cumera RB3355 kulmavaihteistoa. Vaihteistot on huollettu säännöllisesti ja öljyvoitelu vaihteistoissa on hyvä. Käytössä kuitenkin huomattiin toisen vaihteiston pitävän ääntä, mikä kertoo vaihteiston kulumisesta. Päätettiin, että kulmavaihteet täytyy vaihtaa, jotta luotettavuus säilyy.

Kävin sähköpostikeskustelun Kumeran edustajan kanssa vaihteistojen soveltuvuudesta taajuusmuuttaja käyttöön. Toimitin vaihdelaatikon piirustukset edustajalle ja mietimme yhdessä vaihteen toimivuutta sekä pienemmillä, että isommilla kierroksilla. Vaihteiston pitäisi kestää pyörimisen nopeuttaminen ilman ongelmia.

Hidastamisessa voi tulla jäähdytyksen kanssa ongelmia, jos siilon lämpötila nousee kesällä. Vaihteiston pyörimisen hidastuessa vaihteistoöljyn kierto heikentyy ja vaihteisto lämpenee. Hidastamisesta aiheutuva lämpö voidaan kuitenkin tarvittaessa poistaa erillisellä jäähdytyksellä. (Saros 2013.)

Vaihdelaatikon soveltuvuudesta moottorin kasvattamiseen oli myös selvittävää. Laskemalla selvitin moottoritehot 90kW ja 110kW moottoreille kierrosnopeudella 600rpm ja taajuudella 20Hz. Laskuista selviää, että moottori voidaan ongelmitta kasvattaa 110kW:n.

Oikosulkumoottorien momentit nimellistehoilla ja -pyörimisnopeudella:

$$T = \frac{P}{2\pi n} \quad (1)$$

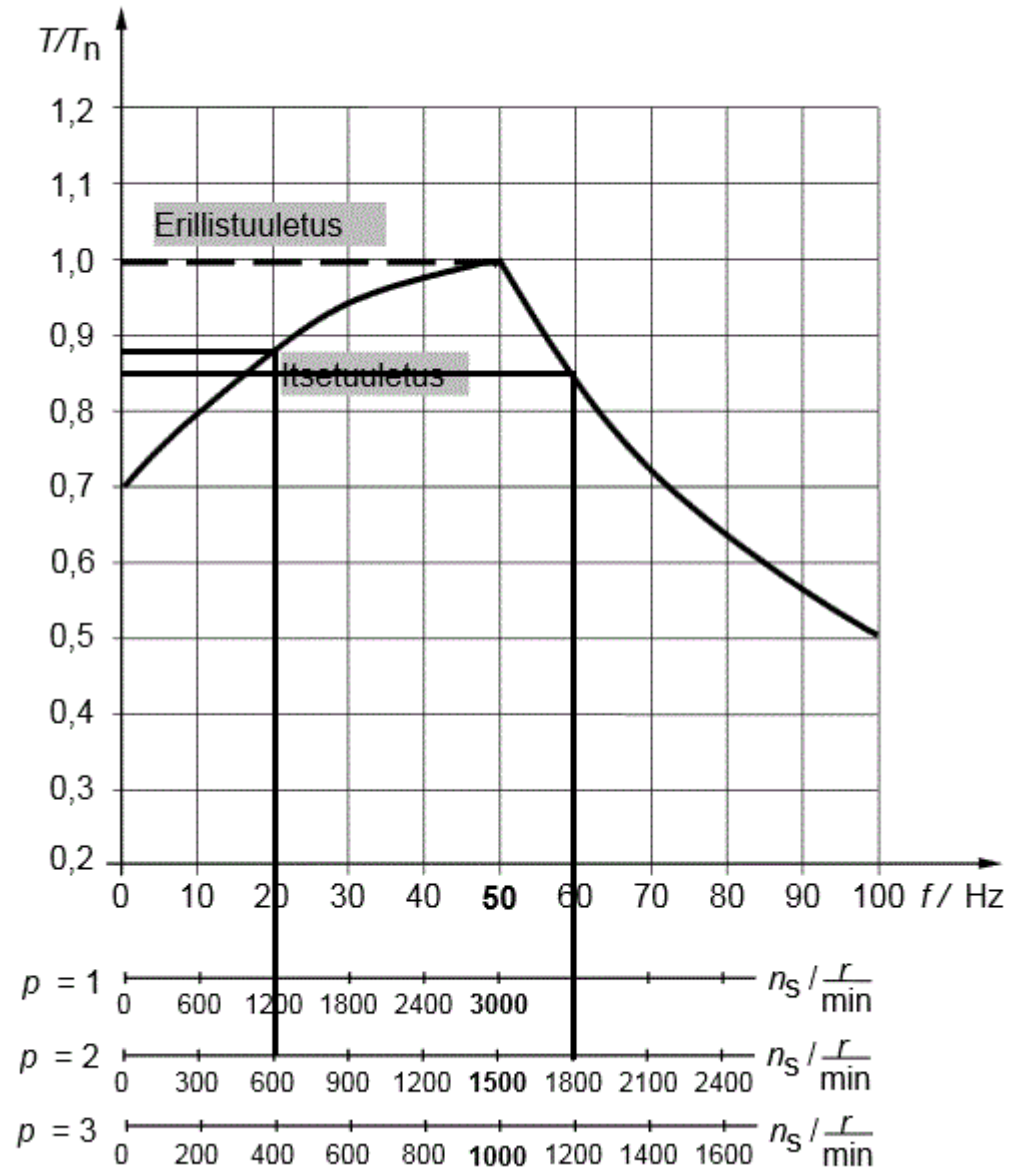
missä T on momentti (Nm), P on nimellisteho (W) ja n on nimellinen pyörimisnopeus (r/s).

$$T_1 = \frac{P_1}{2\pi n} = \frac{90000}{2 * \pi * \frac{1500}{60}} = 573 Nm \quad (2)$$

missä T_1 on nimellinen momentti (Nm), P_1 on nimellisteho (W) ja n on nimellinen pyörimisnopeus (r/s).

$$T_2 = \frac{P_2}{2\pi n} = \frac{110000W}{2 * \pi * \frac{1500}{60}} = 700 Nm \quad (3)$$

missä T_2 on nimellinen momentti (Nm), P_2 on nimellisteho (W) ja n on nimellinen pyörimisnopeus (r/s).



KUVIO 4. IEC 60034 -oikosulkumoottorin tyypillinen jatkuva kuormitettavuus taajuusmuuttajakäytössä. (Mukaillen ABB 2011.)

Kuviosta 4 katsotaan 20Hz:n taajuudella pyörivän oikosulkumoottorin aiheuttama suhteellinen momentti ja lasketaan momentti taajuudella 20Hz:

$$T_{1(20\text{Hz})} = T_1 * 0,87 = 573\text{Nm} * 0,87 = 499\text{Nm} \quad (4)$$

missä $T_{1(20\text{Hz})}$ on momentti taajuudella 20Hz (Nm) ja T_1 on nimellinen momentti (Nm).

$$T_{2(20Hz)} = T_2 * 0,87 = 700Nm * 0,87 = 609Nm \quad (5)$$

missä $T_{2(20Hz)}$ on momentti taajuudella 20Hz (Nm) ja T_2 on nimellinen momentti (Nm).

Lopuksi lasketaan moottoreiden tehot taajuudella 20Hz ja pyörimisnopeudella 600rpm:

$$P = 2 * \pi * n * T \quad (6)$$

missä P on teho (W), n on pyörimisnopeus (r/s) ja T on momentti (Nm).

$$P_{1(20Hz)} = 2 * \pi * n_{(20Hz)} * T_{1(20Hz)} = 2 * \pi * \frac{600}{60} * 499Nm = 31353W \quad (7)$$

missä $P_{1(20Hz)}$ on teho taajuudella 20Hz (W), $n_{(20Hz)}$ on pyörimisnopeus taajuudella 20Hz (r/s) ja $T_{1(20Hz)}$ on momentti taajuudella 20Hz (Nm).

$$P_{2(20Hz)} = 2 * \pi * n_{(20Hz)} * T_{2(20Hz)} = 2 * \pi * \frac{600}{60} * 609Nm = 38264W \quad (8)$$

missä $P_{2(20Hz)}$ on teho taajuudella 20Hz (W), $n_{(20Hz)}$ on pyörimisnopeus taajuudella 20Hz (r/s) ja $T_{2(20Hz)}$ on momentti taajuudella 20Hz (Nm).

Vaihdelaatikoita mitoittaessa pitää ottaa huomioon myös mekaaninen käyttökerroin. Vaihdelaatikko on suunniteltu mekaanisella käyttökertoimella 1,5, kun moottori teho on 90kW. Kun tiedetään momentit eri moottori tehoilla, saadaan laskettua käyttökerroin 110kW:n teholle:

$$T_{max} = T_1 * Sf_1 = 573Nm * 1,5 = 859,5Nm \quad (9)$$

missä T_{max} on maksimi momentti, T_1 on momentti 90kW:n moottorilla ja Sf_1 on mekaaninen käyttökerroin 90kW:n moottorille.

$$Sf_2 = T_{max}/T_2 = 859,5Nm/700Nm = 1,23 \quad (10)$$

missä T_{max} on maksimi momentti, T_1 on momentti 110kW:n moottorilla ja Sf_1 on mekaaninen käyttökerroin 110kW:n moottorille.

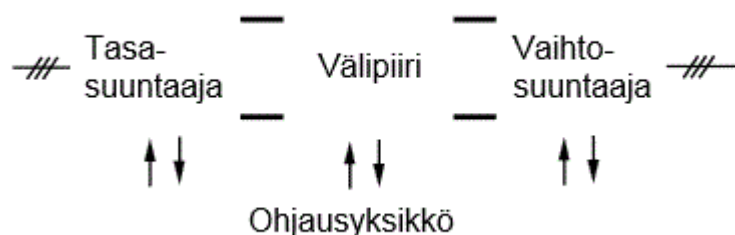
Kulmavaihteiksi päätettiin valita samanlaiset Kumeran, Cumera RB3355-kulmavaihteet. Uudet vaihteistot käyvät vanhoihin kiinnikkeisiin, mikä helpottaa

suunnittelua ja vähentää asennustöitä. Lisäksi Kumeran vaihteet ovat toimineet luotettavasti.

4 TAAJUUSMUUTTAJAT

Taajuusmuuttajalla saadaan portaattomasti säädettyä oikosulkumoottorien pyörimisnopeutta. Ne muuttavat verkkojännitteen taajuuden halutuksi, mikä vaikuttaa oikosulkumoottorien pyörimisnopeuteen. Taajuusmuuttajakäytöillä saavutetaan moottoreille parempi säädettävyys, sekä energiatehokkuus. (ABB 2000.)

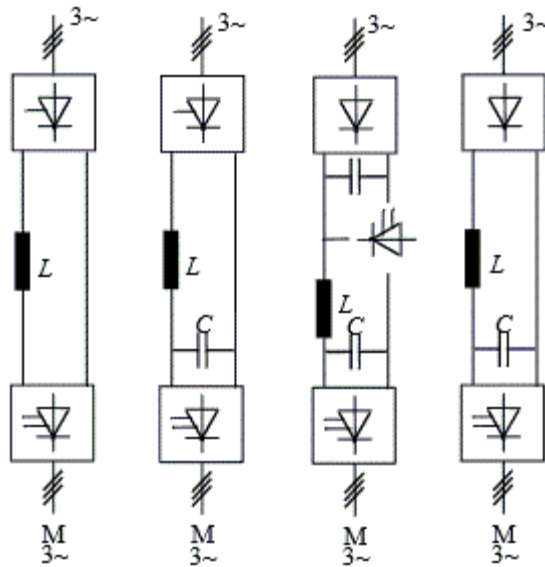
Taajuusohjatuissa oikosulkumoottorikäytöissä käytetään välipiirillä varustettuja taajuusmuuttajia. Tällainen taajuusmuuttaja muodostuu neljästä osasta: tasasuuntaajasta, välipiiristä, ohjausyksiköstä ja vaihtosuuntaajasta. Tasasuuntaaja muuttaa sähköverkosta tulevan vaihtojännitteen sykkiväksi tasajännitteeksi. Sykkivä tasajännite suodatetaan LC-alipäästösuodattimella tai muutetaan tasavirraksi tasoituskuristimella. Lopuksi vaihtosuuntaaja muodostaa välipiirin tasasähköstä halutun taajuista vaihtosähköä. (ABB 2000.)



KUVIO 5. Taajuusmuuttajan lohkokkaavio (ABB 2000).

Taajuusmuuttajat jaetaan kahteen pääryhmään niiden välipiirin rakenteen perusteella: tasavirtavälipiiri ja tasajännitevälipiiri. Tasavirtavälipiirillä varustetut taajuusmuuttajat syöttävät moottorin napoihin sellaisen virran, että moottorin navoissa on haluttu jännite. Tasavirtavälipiirillä varustetut taajuusmuuttajat ovat harvinaisia ja ne toimivat huonosti kentänheikennyspisteellä. Tasajännitevälipiirillä varustettujen taajuusmuuttajien välipiirissä on LC-alipäästösuodatin. Näissä taajuusmuuttajissa lähtöjännitteen amplitudia säädetään joko välipiirin jännitettä säätämällä tai muuttamalla

lähtöjännitteen pulssikuviota. Pulssikuvion muuttamista kutsutaan pulssinleveysmoduloinniksi (PWM). PWM-taajuusmuuttajat ovat yleisimpiä. (ABB 2000.)



KUVIO 6. Erilaisia taajuusmuuttaja rakenteita (ABB 2000).

Taajuusmuuttajien valinnassa päädyttiin ABB:n taajuusmuuttajiin, koska Kuopion Energia Oy:llä on niitä jo ennestään paljon käytössä. Näin vältetään varaosavaraston tarpeeton kasvattaminen. Myös huolto on helpompi toteuttaa, kun asentajien ei tarvitse opetella käyttämään erilaisia taajuusmuuttajia. Aluksi ajateltiin käyttää ABB:n ACS800-sarjan taajuusmuuttajia, koska isommat taajuusmuuttajat ovat aikaisemmin olleet tätä sarjaa. Lopulta kuitenkin päädyttiin uudistettuun ACS880-sarjaan, koska siinä on käytännöllinen turvalukitusjärjestelmä.

Taajuusmuuttajien sijoitusta piti myös miettiä, koska nykyiseen sähkökeskukseen ei mahdu enää isoja taajuusmuuttajia. Taajuusmuuttajat suunniteltiin sijoitettavaksi sähkökeskuksen alla sijaitsevaan sprinklerihuoneeseen. Näin saadaan kaapelivedot keskukselta mahdollisimman lyhyiksi. Sprinklerihuoneeseen pitää tehdä väliseinä, jotta mahdollinen vesi ei kastele taajuusmuuttajia. Sprinklerihuoneessa taajuusmuuttajat on mahdollista sijoittaa seinälle, joten valitaan seinäasennettavat taajuusmuuttajat.

Taajuusmuuttajat tuottavat lämpöä paljon, joten huoneen ilmanvaihtoa voi joutua parantamaan myöhemmin.

4.1 Taajuusmuuttajat ruuvien pyörittämisessä

Pohjapurkuruuveja pyörittävät 110kW oikosulkumoottorit, joten taajuusmuuttajien nimellistehojen pitää olla vähintään 110kW. Käyttö ei kuitenkaan ole raskasta, koska aikaisemmat 90kW:n oikosulkumoottorit ovat kestäneet kuorman ilman taajuusmuuttajia. Näin päädyttiin valinnassa 110kW taajuusmuuttajaan.

TAULUKKO 2. Taajuusmuuttajantiedot pohjapurkuruuvien pyörittämisessä (Mukaillen ABB 2012).

Nimellisjännite (Un)	400VAC
Nimellisvirta (In)	206A
Nimellisteho (Pn)	110kW
Lämpöhäviö	2310W (Nimellisteholla)
Runkokokoo	R7(korkeus=880mm, leveys=284mm, syvyys=364mm)
Paino	55kg
Melutaso	67dBA
Tyypimerkintä	ACS880-01-206A-3

4.2 Taajuusmuuttajat ruuvien siirrossa

Pohjapurkuruuvien siirrossa käytetään 0,55kW:n oikosulkumoottoreita, joten taajuusmuuttajien nimellistehojen pitää olla vähintään 0,55kW. ABB:n ACS880-sarjassa pienin nimellisteho on 0,75kW, joten valitaan se taajuusmuuttajaksi ruuvien siirto käyttöön. (ABB 2012.)

TAULUKKO 3. Taajuusmuuttajantiedot pohjapurkuruuvien siirrossa (Mukaillen ABB 2012).

Nimellisjännite (Un)	400VAC
Nimellisvirta (In)	2,4A
Nimellisteho (Pn)	0,75kW
Lämpöhäviö	30W (Nimellisteholla)
Runkokoko	R1(korkeus=405mm, leveys=155mm, syvyys=226mm)
Paino	6kg
Melutaso	46dBA
Tyypimerkintä	ACS880-01-02A4-3

5 KAAPELOINTI JA TURVAKYTKIMET

Kaapeloinnissa, kaapelivaunuissa ja turvakytkimissä pitää huomioida olosuhteiden ja käyttölaitteiden vaatimukset. Olosuhteet varastosiilossa ja sen ympäristössä ovat hyvin pölyiset ja räjähdysherkät. Polttoaine siilon sisäpuoli on EX-tilaa, mutta siilon ympäristö ei ole. Siilon ympäristössä kuitenkin pyritään käyttämään mahdollisimman hyvin suojattuja ja turvallisia laitteita. Ex-tilassa saa käyttää vain Atex-direktiivin mukaisia laitteita, jotka on merkitty ex-tunnuksella ja sopivat pölyräjähdysvaaralliseen tilaan. Direktiivien tarkoituksena on suojella räjähdysvaarallisissa tiloissa työskenteleviä ihmisiä ja yhtenäistää räjähdysvaarallisten tilojen ja niissä käytettävien koneiden ja laitteiden turvallisuusvaatimuksia.



KUVIO 7. Ex-tiloissa käytettävien laitteiden merkintä (Turvatekniikan keskus 2013).

5.1 Kaapelointi

Kaapeloinnissa joudutaan käyttämään erilaisia kaapeleita, koska kaapeli vaatimukset vaihtelevat eri osilla. Ennen taajuusmuuttajaa käy normaali AMCMK-kaapeli, koska

erityistä häiriösuojaukseen ei tarvitse. Taajuusmuuttajalta turvakytkimelle pitää käyttää AMCCMK-kaapelia, jossa on kuparinen häiriösuoja taajuusmuuttajan aiheuttaman häiriön vähentämiseksi. Turvakytkimen ja moottorin välillä pitää käyttää häiriösuojattua lattakaapelia, koska moottorivaunu liikkuu edestakaisin. Häiriösuojatun lattakaapelin tyyppimerkintä on NGFLGÖU.

Kaapeleiden johdinpaksuuksien laskeminen aloitetaan laskemalla moottorin ottama virta:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi} = \frac{110000W}{\sqrt{3} \cdot 400V \cdot 0,86} = 185A \quad (11)$$

Missä I on moottorin ottama virta, P on moottorin teho, U on moottorin jännite ja $\cos \varphi$ on moottorin tehokerroin.

Kaapelille valittiin seuraavaksi sulake jonka nimellisvirta on 200A SFS6000-standardin taulukosta B.52-1 (LIITE 1). Taulukosta nähdään kaapelin virran kestoksi vähintään 221A.

Viimeiseksi valittiin kaapelin poikkipinta-ala SFS6000-standardin taulukosta A52-3 (LIITE 2). Taulukosta löytyy alumiini- ja kuparikaapeleille omat sarakkeet. Valittiin taulukosta asennustavaksi C eli pinta-asennus. Valitsimme alumiinikaapelin keskukselta taajuusmuuttajan kautta turvakytkimelle, koska se on halvempaa kuin kuparikaapeli. Valitsimme taulukosta alumiinikaapelin paksuudeksi 3x185+57. Kaapeli on PEX-eristeinen ja koostuu kolmesta vaihejohtimesta, joiden pinta-alat ovat 185mm². Vaihejohtimien ympärillä on kuparivaippa, jonka halkaisija on 57mm². Turvakytkimeltä moottorille joudumme valitsemaan kuparikaapelin, koska lattakaapelia ei saa alumiinisena. Valitsimme taulukosta kuparilattakaapelin paksuudeksi 4x95mm². (Suomen standardisoimisliitto 2007.)

Alumiinikaapelille katsottiin myös korjauskertoimet taulukosta A.52-20 (LIITE 3). Kaapeleita on kuusi rinnakkain ja ne ovat vierekkäin kaapelihyllyllä. Korjauskertoimeksi saatiin 0,76. Korjauskertoimella pitää tarkistaa, että alumiinikaapelien virrankesto on yli sulakkeen vaatiman 221A.

$$I_{AL185} = I * K = 336A * 0,76 = 255,44 \quad (12)$$

missä I on kaapelin kestävä virta, I_{AL185} on laskennallinen virta ja K on korjauskerroin.

5.2 Kaapelivaunut

Kaapelivaunujärjestelmiä käytetään yleensä liikkuvien laitteiden virransyöttöön. Kaapelivaunujärjestelmät toimivat hyvin, kun liikeradat tiedetään ja liikkumisnopeus ei ole suuri. Purkuruuvien virransyöttö on toteutettu kaapelivaunujärjestelmällä. Kaapelivaunujärjestelmät ajateltiin uusia samalla, koska ne ovat osittain kuluneet ja huonokuntoiset. Uudet kaapelit ovat myös paksumpia ja painavampia, joten uusien vaunujen ja kiskojen pitää olla hieman tukevampia. Kaapelivaunut roikkuvat c-kiskossa ja vaunut liikkuvat kuulalaakeroiduilla rullilla. Tämä järjestelmä on toiminut hyvin, joten sitä käytetään myös jatkossa. Kaapelivaunuiksi valittiin erityisesti lattakaapeleille tarkoitettuja kaapelivaunuja. (SKS Group 2013.)

5.3 Turvakytkimet

Turvakytkimien valinnassa huomioidaan atex-hyväksyntä, koska ne tulevat lähelle EX-tilaa. Turvakytkimen virran kesto pitää olla vähintään 250A isommille ja 16A pienemmille oikosulkumoottoreille. Turvakytkinten valinnassa pitää ottaa huomioon myös vallitsevat olosuhteet. Tila on hyvin pölyinen ja kostea, joten turvakytkimen materiaalien pitää kestää korroosiota hyvin. Materiaaliksi valittiin ruostumaton teräs, koska se on kestävämpi kuin polykarbonaattimuovi.

Turvakytkimen valinnassa ja kytkemisessä pitää huomioida taajuusmuuttajan aiheuttama elektromagneettinen säteily. Se voi aiheuttaa häiriöitä heikkovirta laitteille. Tämän takia turvakytkimet ja moottorit pitää varustaa EMC-nipoilla. Turvakytkimelle ja moottoreille tulevien kaapeleiden häiriönpoistosuojaus tulee maadoittaa 360 astetta

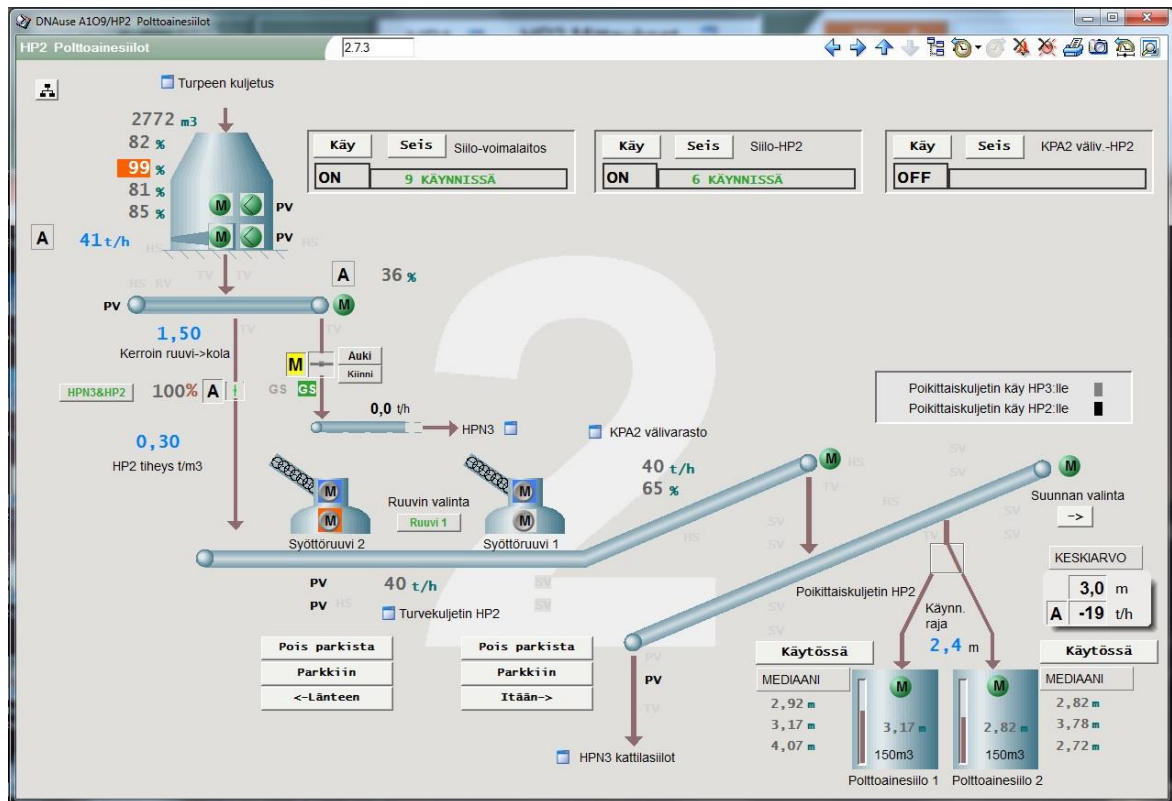
kaapelin ympäriltä ja kytkennät suorittaa lyhyillä suorilla johtimilla. Tällä vältetään radiotaajuisten häiriöiden syntymistä. (ABB 2013.)

6 AUTOMAATIO

Yksi opinnäytetyön tavoitteista oli poistaa pohjapurkuruuvia ohjaavat erillislogiikat. Pohjapurkuruuvia ohjaava Siemens S6-logiikka korvataan Metson DNA-järjestelmällä. Kuopion Energialla on tavoitteena saada kaikki ohjaukset DNA-järjestelmään, koska se helpottaa huoltoa ja muutokset voidaan tehdä tietokoneella. Jo aikaisemmin moottoreiden virtatiedot ja pohjapurkuruuvien käynnistäminen ovat olleet DNA-järjestelmässä. Nyt myös pohjapurkuruuvien siirron ohjaus on tarkoitus siirtää järjestelmään. Järjestelmään siirto ei vaadi isoja kaapelointeja, koska sähkökeskuksessa sijaitsevalla Metson prosessiasemalla on riittävästi vapaita korttipaikkoja.

Pohjapurkuruuvien siirto tapahtuu kummassakin päässä olevilla siirtomoottoreilla. Siirtomoottoreihin tulee taajuusmuuttajat, joten pyörimisnopeutta saa helposti säädeltyä. Akselin kummassakin päässä olevissa siirtomoottoreissa on absoluuttianturit, jotka mittaavat liikettä milleissä. Absoluuttiantureilta tuleva tieto syötetään järjestelmään. Jos absoluuttiantureilta saaduissa tiedoissa on poikkeamaa, niin edellä olevaa moottoria hidastetaan. Normaalisti siirtomoottorit ajavat taajuusmuuttajille säädettyä momenttirajaa vasten.

Pohjapurkuruuvien toiminta on suunniteltu niin, että pitkähihna, joka kuljettaa polttoaineen syöttösiiloihin, voi pyöriä jatkuvasti. Tämä edellyttää purkuruuvien pyörimistä kulutuksen mukaan. Karkea säätö on tarkoitus tehdä Haapaniemi 2-voimalan kulutuksen mukaan. Laitossiiloista polttoon lähtevän polttoaineen massavirta pitäisi olla sama, kuin välivarastosta lähtevän polttoaineen massavirta. Jos syöttösiilojen pinta alkaa laskea, pohjapurkuruuveja nopeutetaan. Jos syöttösiilojen pinta alkaa nousta, niitä hidastetaan. Jos siilojen pinnankorkeus on 4,5 metriä niin pohjapurkuruuvit pysäytetään. Jos siilojen pinnankorkeus on 4,8 metriä, niin myös pitkäkuljetin pysäytetään. Syöttösiiloihin halutaan polttoainetta sekä KPA 2-välivarastolta sekä KPA 3-vastaanottoasemalta, voidaan näille asettaa prosenttisuhde.



KUVIO 8 Polttoaineensyötön ohjaus Metson DNA-järjestelmässä.

7 HINTA-ARVIO

Opinnäytetyöhön kuului myös hinta-arvion tekeminen hankkeen kokonaiskustannuksista. Kokonaiskustannusten avulla on helpompi tehdä budjettiarviota ja miettiä hankkeen kannattavuutta. Projektin tarkemmat kustannukset selviävät vasta kilpailutuksen jälkeen.

Hinta-arvio tehtiin syöttämälle Excel-taulukkolaskentaohjelmaan tarvittavat tuotteet ja niiden tiedot. Asennustöiden hinnoittelussa sovellettiin talotekniikka-alan sähköasennustoimialan työehtosopimuksessa määriteltyjä työhintoja. Työehtosopimuksesta ei saanut kaikkia hintoja, joten osa hinnoista katsottiin vanhoista tarjouspyynnöistä. Kaikki hinnat hinta-arviossa ovat nollan prosentin arvonlisäverolla, koska yritys maailmassa ei yleensä tarjouksissa ole lisätty arvonlisäveroa.

Hinta-arvion kustannukset olivat yhteensä 126 479,70€. Hinta-arvio on kuitenkin aika tiukka ja lisäkuluja luultavasti tulee. Budjetoitaessa muutosta olisi hyvä varautua noin 150 000 €:n, koska budjetissa on hyvä olla hieman väljyyttä. Hinta-arviossa isoimpia kustannuksia ovat: häiriösuojatut lattakaapelit, Kumeran kulmavaihteet ja Metson dna-järjestelmään liittyminen. Metson dna-järjestelmään liittymisen kustannuksien arviointi on todella vaikeaa, koska ei tiedetä kuinka työläs ohjelmointi on. Asennustöistä isojen vaihteiden ja oikosulkumoottoreiden asennukset ovat isoimpia kustannuksia. Ne sijaitsevat vaikeissa ja ahtaissa paikoissa. Lisäksi ne painavat niin paljon, että käsittelyyn tarvitaan erilaisia apuvälineitä.

HINTA-ARVIO

KUOPION ENERGIA OY

VAAKAMALLISEN POLTTOAINESIILON MUUTTAMINEN TAAJUUSMUUTTAJAKÄYTÖIKSI

OPINNÄYTETYÖ/Lauri Koivisto

NIMIKE	TARVIKKEET			Työ kustannukset	
	à	Määrä	Yhteensä	à	Yhteensä
AMCMK 3x150/70 (m)	13,86	20,00	277,20	3,33	66,60
AMCCMK 3x150/70 (m)	15,62	100,00	1562,00	3,33	333,00
NGFLGÖU 4x95 (m)	73,70	480,00	35376,00	3,33	1598,40
MCMK 2x2,5+2,5 (m)	1,43	40,00	57,20	0,90	36,00
MCCMK 2x2,5+2,5 (m)	2,26	300,00	676,50	0,90	270,00
Kaapelivaunujärjestelmä (m)	86,40	100,00	8640,00	5,93	593,00
Turvakytkin 200A (kpl)	943,25	2,00	1886,50	16,42	32,84
Turvakytkin 16A (kpl)	171,60	4,00	686,40	10,26	41,04
Taajuusmuuttaja ACS880 110kW (kpl)	5500,00	2,00	11000,00	39,05	78,10
Taajuusmuuttaja ACS880 0,75kW (kpl)	500,00	4,00	2000,00	17,23	68,92
Oikosulkumoottori 110kW (kpl)	6500,00	2,00	13000,00	260,00	520,00
Oikosulkumoottori 0,55kW (kpl)	200,00	4,00	800,00	130,00	520,00
Kulmavaihde Kumera (kpl)	20500,00	2,00	41000,00	780,00	1560,00
Kulmavaihde Sew (kpl)	300,00	4,00	1200,00	260,00	1040,00
I/O-liitännät DNA-järjestelmään (kpl)	350,00	100,00	35000,00	0,00	0,00
Purkutyö	0,00	1,00	0,00	1560,00	1560,00
YHTEENSÄ			118161,80		8317,90

KUSTANNUSARVIO:	126479,70
-----------------	-----------

*Kaikki hinnat ovat ALV 0% hintoja

KUVIO 9 Hinta-arvio muutoksen kustannuksista.

8 POHDINTA

Opinnäytetyön tekemisen aikana olen havainnut, miten paljon eri asioita pitää ottaa huomioon suunniteltaessa isompaa muutostyötä. On ollut mielenkiintoista myös tutustua tarkemmin välivaraston toimintaan eri osa-alueilla. Opinnäytetyötä tehdessä sain kuitenkin hyvin apua työpaikkaohjaajalta, työkavereilta, opinnäytetyönohjaajalta sekä laitteistojen toimittajilta.

Opinnäytetyön tekemistä hankaloitti Haapaniemi 2- voimalaitoksella oleva kattilamuutos. Vasta kattilamuutoksen valmistuttua saatiin tietoa, miten polttoaineenkäsittely toimii uudella polttotekniikalla. Opinnäytetyön rajaaminen oli myös hankalaa, koska polttoaineen välivaraston muutokset vaikuttavat koko polttoaineen kuljetusketjuun. Haasteita tuotti myös hyvin harvinainen siilon rakenne, joten esimerkkitapauksia ei löytynyt.

Työssä tehtiin esisuunnitelma välivaraston moottoreiden muuttamisesta taajuusmuuttajakäyttöön sekä välivaraston ohjauksen liittämistä Metson DNA-järjestelmään. Esisuunnitelmaa tehdessä päätettiin, että samalla on kannattavaa uusita myös moottorit ja vaihteistot. Niiden uusiminen tuo lisäkuluja hinta-arvioon merkittävästi. Toisaalta uusitut moottorit ja vaihteistot tuovat välivarastolle käyttövarmuutta, lisää käyttövuosia, sekä helpottaisi käyttöä ja huoltoa. Muutoksen avulla päästäisiin myös eroon erillislogiikoista.

Muutoksen kannattavuutta on vielä hyvin vaikea arvioida, koska kattilamuutoksesta on kulunut vasta vähän aikaa ja kokemusta on vielä vähän. Muutoksen voisi toteuttaa kahdessa osassa uusimalla ensin vain toisen pohjapurkuruuvien. Näin selviäisi, kuinka paljon muutos vaikuttaisi toimintaan.

LÄHTEET

ABB Oy, 2003. Vastaavuustaulukko, pienjännitemoottorit. Www-dokumentti.

Saatavissa:

http://www.auser.fi/tuotteet/data/attachments/Vanhat_moottorit_vastaavuustaulukko.pdf. Luettu 03.12.2013.

ABB Oy, 2001. Tekninen opas nro 7, sähkökäytön mitoitus. Www-dokumentti.

Saatavissa:

[http://www05.abb.com/global/scot/scot201.nsf/veritydisplay/b11d4fe92973be93c1256d2800415027/\\$file/tekninen_opasnro7.pdf](http://www05.abb.com/global/scot/scot201.nsf/veritydisplay/b11d4fe92973be93c1256d2800415027/$file/tekninen_opasnro7.pdf). Luettu 03.12.2013

ABB Oy, 2011. Type test report. Www-dokumentti. Saatavissa:

[http://www05.abb.com/global/scot/scot259.nsf/veritydisplay/7459356b5264ad84c12579a4002ad806/\\$file/M3BP%20280SMC%204%20400V%20110kW.pdf](http://www05.abb.com/global/scot/scot259.nsf/veritydisplay/7459356b5264ad84c12579a4002ad806/$file/M3BP%20280SMC%204%20400V%20110kW.pdf). Luettu 03.12.2013

Moilanen, A. 2006. Sähköt sisään. Uunit ulos. Jyväskylä: Gummerus.

Kuopion Energia Oy, 2013. Kuopion Energian tärkeä vuodet. Www-dokumentti.

Saatavissa: <http://www.kuopionenergia.fi/yritys/historia>. Luettu 12.12.2013.

Eniro Oy, 2013. Finder - Kuopion Energia Oy:n yritystiedot. Www-dokumentti.

Saatavissa:

<http://www.finder.fi/Energian%20myynti%C3%A4%20ja%20jakelua/Kuopion%20Energia%20Oy%20/KUOPIO/taloustiedot/149868>. Luettu 12.12.2013.

Kuopion Energia Oy, 2013. Perusparannustyöt Haapaniemi-2 voimalaitoksella. Www-dokumentti. Saatavissa: <http://www.sahkoviesti.fi/uutiset/perusparannustyot-haapaniemi-2-voimalaitoksella.html>.

Luettu 12.12.2013.

Turvatekniikan keskus, 2013. Räjähdysvaarallisten tilojen turvallisuus. Www-dokumentti. Saatavissa:

http://www.tukes.fi/tiedostot/vaaralliset_aineet/esitteet_ja_oppaat/atex_rajahdeopas.pdf. Luettu 19.12.2013.

Bioenergiatieto, 2012. Polttotekniikka kiinteille polttoaineille. Www-dokumentti. Saatavissa:

http://www.bioenergiatieto.fi/default_new/www/etusivu/energian_tuotanto/energiatuotannon_tekniikka/polttotekniikka_kiinteille_polttoaineille/. Luettu 22.12.2013

Lukkanen, M. 2003. Lämpöpintojen puhdistus ja Korroosio Kainuun Voima Oy:n kiertopetikatilassa. Insinööritoimisto. Kajaanin ammattikorkeakoulu. Tuotantotekniikan kunnossapidon koulutusohjelma.

Stegmann, 2001. Configurable multi-turn absolute angle encoder AG 626. Www-dokumentti. Saatavissa: http://www.sick.com/us/en-us/home/products/product_portfolio/encoders/Documents/ag626_SSI.pdf. Luettu 27.12.2013.

Knuutila, K. 2003. Puuenergia. Jyväskylä: Gummerus.

Saros, S.-P. 2013. Kumeran vaihteistojen valinta. Sähköposti lauri.koivisto@cou.fi 22.8.2013. Tulostettu 14.9.2013.

ABB Oy, 2000. TTT-käsikirja, 18 – Sähkömoottorikäytöt. Www-dokumentti.

Saatavissa: <http://cna.mikkeli.ammk.fi/Public/JormPekk/ABB/TTT-KIRJA-2000/S%C3%84HK%C3%96MOOTTORIK%C3%84YT%C3%96T.pdf>. Luettu 31.12.2013.

ABB Oy, 2012. ACS880 single drive –taajuusmuuttajat. Www-dokumentti.

Saatavissa: [http://www05.abb.com/global/scot/scot201.nsf/veritydisplay/142fdc609905c745c1257b9000274e2f/\\$file/FI_ACS880_single_drives_RevE.pdf](http://www05.abb.com/global/scot/scot201.nsf/veritydisplay/142fdc609905c745c1257b9000274e2f/$file/FI_ACS880_single_drives_RevE.pdf). Luettu 31.12.2013.

Suomen standardisoimisliitto. 2007. Pienjännitesähköasennukset ja sähkötyöturvallisuus. Helsinki: SFS.

SKS Group, 2013. Kaapelivaunujärjestelmät. Www-dokumentti. Saatavissa: <http://www.sks.fi/www/kaapelivaunut&id=kaapelivaunut-iga>. Luettu 31.12.2013.

ABB Oy, 2013. ACS880-01-taajuusmuuttajat, laiteopas. Www-dokumentti. Saatavissa: [http://www05.abb.com/global/scot/scot201.nsf/veritydisplay/79971f6d2838e96dc1257bde0037b139/\\$file/FI_ACS880-01_0_55to250kW_HW_G_A5_with_update_notice.pdf](http://www05.abb.com/global/scot/scot201.nsf/veritydisplay/79971f6d2838e96dc1257bde0037b139/$file/FI_ACS880-01_0_55to250kW_HW_G_A5_with_update_notice.pdf). Luettu 31.12.2013.

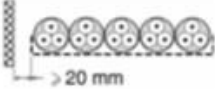
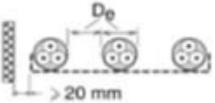
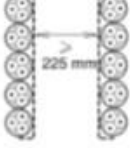
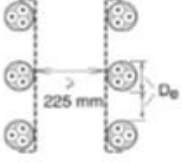
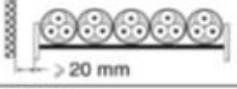
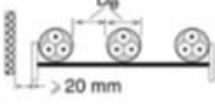
TAULUKKO B.52-1 Johtimien kuormittavuuden minimiarvot erilaisilla sulakkeen nimellisarvoilla

gG tyyppisen sulakkeen nimellisvirta A	Johtimen kuormitettavuuden minimiarvo A
6	8
10	13,5
16	18
20	22
25	28
32	35
35	39
40	44
50	55
63	70
80	88
100	110
125	138
160	177
200	221
250	276
315	348
400	441
500	552
630	695
800	883

Taulukko A.52-3 (52-C2) Kuormitettavuudet ampeereina asennustavoille A, B, C ja D. PEX- tai EPR-eristeiset kupari- tai alumiinijohtimet, kolme kuormitettua johdinta, Johtimen lämpötila: ilmassa 90°C, maassa 65°C. Ympäristön lämpötila: 25°C ilmassa, 15°C maassa

Nimellinen johtimen poikkipinta mm ²	Talukon A.52-1 mukainen referenssiasennustapa			
	A	B	C	D
	2	3	4	5
Kupari				
1,5	17	20	23	26
2,5	23	27	31	35
4	31	36	42	46
6	39	45	52	57
10	53	62	71	77
16	70	83	100	100
25	92	109	124	130
35	113	133	153	160
50	135	160	186	190
70	170	202	238	240
95	205	242	289	285
120	236	278	335	325
150	269	-	386	370
185	306	-	441	420
240	360	-	520	480
300	411	-	599	550
Alumiini				
16	57	66	79	78
25	73	87	94	100
35	90	107	116	125
50	108	129	141	150
70	136	162	181	185
95	163	195	219	220
120	187	224	255	255
150	214	-	294	280
185	242	-	336	330
240	283	-	397	375
300	325	-	458	430

Taulukko A.52-20 (52-E4) Korjauskertoimet usean monijohdinkaapelin ryhmille (HUOM. 1), jota sovelletaan verrattuna monijohdinkaapelin asennukseen vapaasti ilmassa (Taulukoiden A.52-4...A.52-7 mukainen asennustapa E)

Taulukon A.52-1 mukainen asennustapa			Hyllyjen lukumäärä	Kaapelien lukumäärä					
				1	2	3	4	6	9
Rei'itetyt hyllyt (HUOM. 2)	13	Koskettavat 	1 2 3	1,00 1,00 1,00	0,88 0,87 0,86	0,82 0,80 0,79	0,79 0,77 0,76	0,76 0,73 0,71	0,73 0,68 0,66
		Erillään 	1 2 3	1,00 1,00 1,00	1,00 0,99 0,98	0,98 0,96 0,95	0,95 0,92 0,91	0,91 0,87 0,85	— — —
Pystysuorat rei'itetyt hyllyt (HUOM. 3)	13	Koskettavat 	1 2	1,00 1,00	0,88 0,88	0,82 0,81	0,78 0,76	0,73 0,71	0,72 0,70
		Erillään 	1 2	1,00 1,00	0,91 0,91	0,89 0,88	0,88 0,87	0,87 0,85	— —
Tikas, tuet, kiinnikkeet yms. (HUOM. 2)	14	Koskettavat 	1 2 3	1,00 1,00 1,00	0,87 0,86 0,85	0,82 0,80 0,79	0,80 0,78 0,76	0,79 0,76 0,73	0,78 0,73 0,70
	15 16	Erillään 	1 2 3	1,00 1,00 1,00	1,00 0,99 0,98	1,00 0,98 0,97	1,00 0,97 0,96	1,00 0,96 0,93	— — —

Kertoimet koskevat taulukossa esitetyn mukaisesti yhdessä kerroksessa olevia kaapeleita, kertoimet eivät koske tapauksia, jossa kaapeleita on asennettu useampaan kuin yhteen toisiaan koskettavaan kerrokseen. Tällaisten asennusten arvot ovat huomattavasti pienempiä ja ne pitää arvioida sopivalla tavalla.

HUOM. 1 Korjauskertoimen on keskiarvo erilaisten taulukkoihin A.52-2...A.52-3 mukaisten kaapelityyppien ja asennustapojen arvoista. Korjauskertoimien yleinen tarkkuus on $\pm 5\%$.

HUOM. 2 Arvot on annettu hyllyjen väliselle pystysuoralle etäisyydelle 300 mm ja vähintään 20 mm seinän ja hyllyn väliselle etäisyydelle. Pienemmillä etäisyyksillä kertoimia pitää pienentää.

HUOM. 3 Arvot on annettu hyllyjen väliselle vaakasuuntaiselle etäisyydelle 225 mm hyllyt asennettuna selät vastakkain. Pienemmillä etäisyyksillä kertoimia pitää pienentää.

